

### Система адаптивной оптики

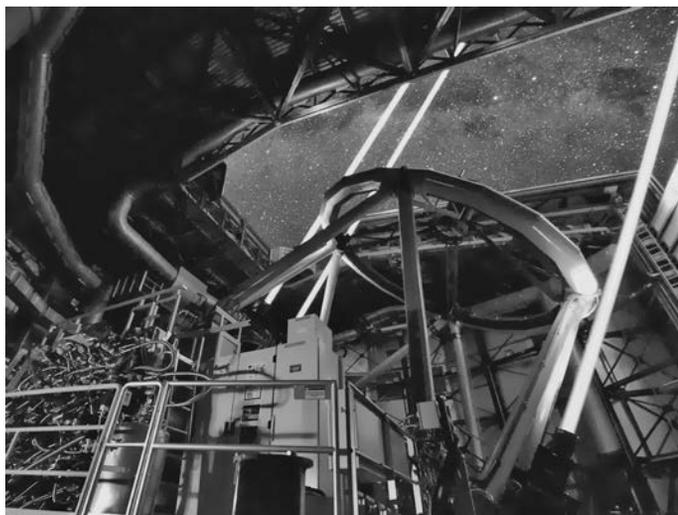
В результате серии испытаний новой системы адаптивной оптики на телескопах получены изображения небесных объектов, поражающих своим качеством: например, планетарные туманности IC 4406 в созвездии Волка и NGC 6369 в Змееносце. Система адаптивной оптики AOF (The Adaptive Optics Facility) – долгосрочный проект; его цель – обеспечить 8,2-м телескоп VLT (ESO) адаптивно-оптическим устройством для приемников, установленных на четвертом Основном телескопе (UT4), в частности, для спектрографа MUSE. Адаптивная оптика позволяет компенсировать “размывание”

изображений в атмосфере Земли, в результате чего приемник MUSE получает гораздо более четкие снимки (Земля и Вселенная, 2013, № 4), их контраст повышается вдвое, и MUSE может теперь исследовать еще более слабые небесные объекты.

Система AOF позволила добиться такого успеха в нескольких важных составных элементах: четырехлазерном устройстве формирования искусственных звезд 4LGSF и очень тонком деформируемом вторичном зеркале UT4. В 4LGSF используются четыре 22-ваттных лазерных пучка, вызывающие свечение атомов натрия в верхней атмосфере Земли. В небе появляются четыре светящиеся точки, имитирующие звезды. Датчики адаптивно-оптического модуля GALACSI, регистрируя световые сигналы от этих “искусственных звезд”, определяют параметры их атмосферных искажений. Компьютерные

системы AOF тысячу раз в секунду вычисляют и сообщают о коррекции, которую необходимо внести в форму гибкого вторичного зеркала телескопа для того, чтобы компенсировать атмосферные искажения. В частности, с помощью GALACSI осуществляется коррекция влияния атмосферной турбулентности над телескопом в слоях атмосферы высотой до одного километра. В зависимости от атмосферных условий, турбулентность может меняться с высотой, но большая часть возмущений происходит в приземном слое. Использование системы AOF практически эквивалентно “подъему” телескопа VLT еще примерно на 900 м.

Коррекции, которые с огромной скоростью непрерывно вносит в изображения телескопа AOF, улучшают его качество таким образом, что свет концентрируется в меньших по размеру участках приемника: в результате этого MUSE может “разрешать” более мелкие детали и регистрировать более слабые звезды, чем это было возможно ранее. Сейчас блок GALACSI обеспечивает коррекцию изображений на большом поле зрения. Но это лишь первый шаг в применении адаптивно-оптических методов для



Аппаратура системы адаптивной оптики AOF, установленная на 8,2-м телескопе VLT Европейской Южной Обсерватории. Фото ESO, Р. Бэкон.

MUSE: продолжается работа над введением второго режима работы GALACSI – режима “малого поля”, первые наблюдения в котором должны состояться в начале 2018 г. Он позволит корректировать турбулентность на любой высоте и получать изображения в малых полях с еще более

высоким разрешением.

Одна из главных научных задач новой системы – наблюдение слабых объектов дальней Вселенной в наиболее высоком качестве (это требует длительных многочасовых экспозиций). Ученых интересуют, в частности, небольшие, наиболее удаленные

галактики и туманности. Например, в сентябре 2017 г. с помощью адаптивной оптики AOF получен снимок планетарной туманности NGC 6369 (PK 2+5.1) “Вороний глаз”, или “Маленький призрак” (см. стр. 2 обложки, внизу).

*Пресс-релиз ESO,  
2 августа 2017 г.*

---

## Информация

---

### Уточнение сведений о квазарах

Неожиданные расхождения в данных высокоточных измерений, полученных международной сетью радиотелескопов и европейским оптическим космическим телескопом “Гайя”, позволят ученым определить свойства невидимых “хвостов” активных ядер галактик, которые выбрасываются сверхмассивными черными дырами. *“Без преувеличения можно сказать, что это – открытие нового направления в наблюдательной астрофизике. Сопоставление данных радиоинтерферометров и оптических телескопов поможет нам получить информацию об аккреционных дисках вокруг черных дыр и горячих джетах в центрах галактик в видимом свете. Теперь мы лучше понимаем, как они устроены и какие процессы там происходят”,* – сказал

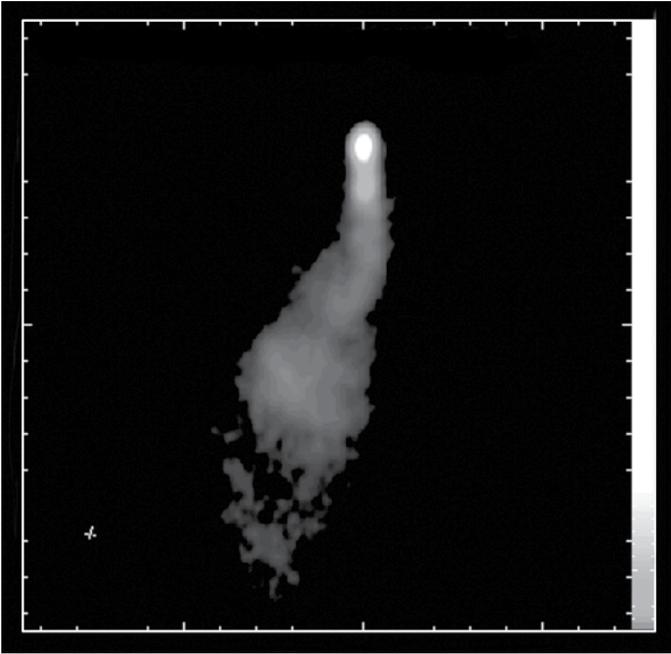
заведующий лабораторией Астрокосмического центра Физического института им. П. Н. Лебедева РАН (ФИАН), руководитель лаборатории фундаментальных и прикладных исследований релятивистских объектов Вселенной МФТИ доктор физико-математических наук Ю. Ю. Ковалёв.

Юрий Ковалёв и Леонид Петров (ФИАН и МФТИ) анализировали положения активных ядер далеких галактик, полученные независимо друг от друга радиоинтерферометрами со сверхдлинной базой (РСДБ) и космической астрометрической

обсерваторией “Гайя”, запущенной в 2013 г. (Земля и Вселенная, 2014, № 3). Главная задача обсерватории “Гайя” – составление нового каталога миллиарда звезд нашей Галактики с точными данными об их координатах и скоростях; кроме того, она обнаруживает внегалактические объекты. Сейчас в каталоге “Гайи” их более 100 тыс., в основном, это активные ядра галактик – квазары, в центре которых находятся сверхмассивные черные дыры, окруженные аккреционным диском. До сих пор исследования таких объектов с помощью



*Карта расположения наземных радиоинтерферометров.*



Изображение выбросов горячей плазмы в одном из далеких квазаров, полученное в радиодиапазоне и построенное с разрешением лучше одной миллисекунды дуги. Предоставлено Ю. Ю. Ковалёвым и астрономическим сообществом MOJAVE (<http://www.physics.purdue.edu/MOJAVE/>).

РСДБ позволяли получить угловое разрешение в сотни раз лучше, чем у оптических телескопов; поэтому именно в радиодиапазоне ученые могли разглядеть структуру джетов у квазаров. “Но в радиодиапазоне видно далеко не все; например, аккреционный диск сверхмассивной черной дыры ярк именно в оптике и ультрафиолете. Поэтому мы решили попробовать совместить данные из двух источников”, – пояснил Ю. Ю. Ковалёв. Обсер-

ватория “Гайя” не передает изображений (как, например, КТХ), она лишь фиксирует координаты центра яркости небесного объекта. Ю. Ковалёв и Л. Петров (совместно со студентом МФТИ Александром Плавиным) еще в начале 2017 г. сопоставили данные о координатах квазаров, по данным РСДБ и “Гайи”. Оказалось, что около 6% объектов продемонстрировали значительные расхождения: как правило, сдвиг положений соот-

ветствует направлениям джетов.

“Теперь, совместно используя данные о переменном излучении и положении квазаров по данным радиointерферометров и “Гайи”, мы сможем воссоздать и исследовать структуру сотен очень далеких квазаров на масштабах в несколько парсек, тысячных долей угловой секунды, которые недоступны для обычных оптических телескопов, и даже для Космического телескопа Хаббла”, – констатировал Ю. Ю. Ковалёв. В результате анализа данных у многих квазаров неожиданно обнаружили яркие и протяженные выбросы. Не менее интересная задача: проследить, как будут меняться их положение и яркость со временем; проанализировать причины ярких вспышек, других процессов. Это в целом поможет понять физику аккреционных дисков и сверхмассивных черных дыр. У открытия есть и прикладной аспект: наблюдения квазаров с помощью РСДБ используются для создания системы отсчета в навигации. На основе этой системы, например, специалисты отслеживают движение континентов, измеряют параметры вращения Земли для системы ГЛОНАСС (Земля и Вселенная, 2006, № 1).

Пресс-релизы  
АКЦ ФИАН,  
7 сентября 2017 г.